

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO VIRTUAL DE MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE
TRES RUEDAS CON CUBIERTA QUE INCREMENTE LA SEGURIDAD DE LOS
OCUPANTES**

**SANTIAGO VELA JARAMILLO
1094949433**

**DIRECTOR:
HAMILTON DAVID GALVIS RODRIGUEZ**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERERIRA
INGENIERIA MECATRONICA
FACULTAD DE TECNOLOGIA
PEREIRA 2020**

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO VIRTUAL DE MOTOCICLETA ELÉCTRICA DE
TRES RUEDAS CON CUBIERTA QUE INCREMENTE LA SEGURIDAD DE LOS
OCUPANTES**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA**



Universidad Tecnológica
de Pereira

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERERIRA
INGENIERIA MECATRÓNICA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PEREIRA 2020**

AGRADECIMIENTOS

En este momento que termino una etapa de mi vida y a su vez inicio otra nueva. Le agradezco especialmente a mi Madre Claudia Jaramillo, mi Padre Carlos Vela, por todos los valores inculcados, y a cada uno de mis profesores que durante toda mi carrera universitaria han aportado con su conocimiento y sabiduría en mi formación.

A mis compañeros de trabajo que me aconsejaron y me guiaron a lo largo de este proyecto.

De igual manera agradecer a mi director, MSC. Instrumentación Física Hamilton David Galvis R, quien con su conocimiento y experiencia apporto a la culminación de este trabajo de grado con éxito. Y por último a mis amigos y compañeros de carrera, con los que he compartido todas mis alegrías y problemas.

Para ellos: Muchas gracias-

Introducción

El uso de motocicletas en Colombia se puede ver desde diferentes perspectivas. La primera de ellas es la óptica de los que las producen, buscando proveer soluciones de movilidad a las familias colombianas que les permitan generar un ahorro. La segunda, de los peatones, que a menudo se ven involucrados en los accidentes de tránsito causados por los vehículos. Y la última, desde miles de familias colombianas, que ven las motocicletas como sinónimo de progreso y generación de empleo. Es un medio de transporte que no incurre en gastos muy altos y permite disminuir los tiempos de desplazamiento; lo cual sin duda mejora la calidad de vida de los colombianos. En 2018 se produjeron en Colombia 527.071 motocicletas, de las cuales se vendieron localmente 520.330 unidades, cifras que, al ser contrastadas con el año inmediatamente anterior, 472.546 y 462.974 respectivamente, nos permiten ver que el mercado mostró un crecimiento del 11,54% en la producción y 12,39% en las ventas [1].

En lo que va corrido del año 2020 los siniestros viales en Colombia han dejado 478 personas fallecidas y 1.361 lesionadas. Esto representa un aumento del 22,25% en el total de muertos y una disminución del 7,41% en el total de lesionados, en comparación con el año anterior. Estas cifras, en relación con el total de la población de Colombia, sitúan la tasa nacional de fallecidos por cada 100 mil habitantes hasta el mes de enero en 0,95 y la de lesionados en 2,98^a, siendo los usuarios moto las víctimas más afectadas, representando un 43,1% del total de fallecidos y un 55,5% del total de lesionados [2].

Además, de las múltiples fuentes de contaminación que hoy afectan a Colombia y el mundo, la contaminación que generan las motocicletas de combustión interna es quizás la menos ventilada al público, es decir, no suele informarse mucho a la población respecto a esta problemática. El crecimiento exponencial de este tipo de vehículos los ha convertido en un actor clave de la movilidad, pero poco o nada suele decirse del impacto que hoy producen en materia ambiental.

Es por esto por lo que la investigación de las actuales teorías e implementación de nuevas tecnologías permiten el desarrollo de nuevas formas alternativas de transporte. El 57% del parque automotor del país está compuesto por motocicletas y el 18% de la población son quienes utilizan este medio de transporte, donde según el DANE los hogares colombianos están conformados por aproximadamente 3.2 integrantes, lo que equivale a unas 12 millones de personas sirviéndose de la motocicleta como una alternativa de transporte [3], se puede decir entonces que un buen porcentaje de la sociedad utiliza las motocicletas como principal forma de

movilización al ser muy económicas. Sin embargo, no dejan de ser contaminantes; por tal razón es conveniente implementar el uso de motores eléctricos, celdas de almacenamiento de energía y sistemas de recarga, que permiten bajar los niveles de contaminación.

Es por esto por lo que al pensar en el desarrollo futuro y bienestar de la humanidad la tendencia es utilizar medios de transporte que utilicen como combustibles energías renovables, y reduzcan su huella de carbono al máximo, además es importante pensar en la seguridad de los motociclistas ya que a diario se ven involucrados en accidentes de tránsito, se ve entonces la necesidad de desarrollar diseños que aporten una menor huella de carbono y más seguridad a sus ocupantes, que provean condiciones de manejo más seguras ante las inclemencias de la vía y que puedan reducir la tasa de mortalidad de motociclistas en accidentes de tránsito.

Basándose entonces en estos datos estadísticos proveídos por el DANE y Andemos (Asociación Nacional de Movilidad Sostenible) acerca de la accidentalidad y el mercado de las motocicletas en Colombia, se propone el diseño de una motocicleta eléctrica de 3 ruedas con una innovadora cubierta de protección. Este diseño está basado en el querer proveer mayor seguridad y confort a sus ocupantes, se decidió usar un motor eléctrico refrigerado por líquido y una suspensión LMW en la sección delantera con el objetivo de proporcionar ángulos de inclinación de la motocicleta de alrededor de 45° , proveyendo una conducción tipo sport [3].

El diseño de la motocicleta eléctrica se realizará con el fin de implementar una forma de aplicación de esta energía limpia y nuevos sistemas de seguridad que brinden mayor protección al usuario, como el diseño de un sistema de cubierta que prevenga algunos de los accidentes más comunes que ocurren a los motociclistas, además de algunas adversidades del clima como la lluvia y el viento, garantizando de esta manera aumentar la seguridad del motociclista.

Tabla de contenido

Capítulo 1: Descripción del proyecto	8
Problema	8
Justificación	9
Marco Teórico	10
Vehículo eléctrico puro (EV)	11
Vehículo eléctrico híbrido (HEV)	11
Vehículo eléctrico enchufable (PHEV)	12
Sistema de propulsión:	13
Unidad de control electrónica ECU	14
Batería:	14
Ultra-condensadores (UC):	16
Centro de gravedad:	16
Motor Eléctrico	17
El inversor	19
Cargador	21
Conversor	21
Sistema de transmisión de movimiento:	22
Sistema de suspensión:	23
Sistemas de dirección:	25
Capítulo 2: Diseño del prototipo	27
Diseño del chasis	28
Diseño de la suspensión	30
Diseño externo de la motocicleta	31
- Diseño de la cubierta	31
Ensamble de la motocicleta	32
Capítulo 3: Resultados	33
Análisis estructural del chasis	33
Propiedades físicas del chasis	33

Simulación y análisis estructural	34
Tensión de Von Misses	35
Desplazamiento	36
Factor de seguridad	37
Capítulo 4. Sistema de propulsión eléctrico.....	37
Motor	38
Especificaciones del motor	38
Sistema de carga y autonomía	40
- Precio de los componentes	41
Capítulo 5: Conclusiones	42
Capítulo 6: Bibliografía.....	43

Abreviaturas

- EV: Electric Vehicle.
- HEV: Hybrid Electric Vehicle.
- PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle.
- ICV: Internal Combustion Vehicle.
- ICE: Internal Combustion Engine.
- DC: Corriente Continua.
- AC: Corriente Alterna.
- UPME: Unidad de Planeación minero-energética.
- UC: Ultracondensador.
- NTC: Norma Técnica Colombiana.
- CO₂: Dióxido de Carbono.
- GEI: Gases de efecto invernadero.
- PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía.

Capítulo 1: Descripción del proyecto

Problema

Existen una gran problemática, en relación con dos aspectos, primero el consumo de combustibles fósiles por parte de los vehículos y segundo la accidentalidad en las motocicletas; el uso de combustibles fósiles acarrea una serie de problemas que se han de tener en cuenta a la hora de producir energía. En la actualidad, se tiene claro que muchos de los recursos que proporciona la naturaleza no son ilimitados. Las reservas de combustible fósiles no son ilimitadas, se consume a un ritmo mucho mayor del que se produce, y en este caso, tal y como se ha señalado, producirlo ha tardado millones de años, además los problemas ambientales no son un punto cualquiera en las consecuencias del uso de estos combustibles por ejemplo uno de los gases que permiten el efecto invernadero es el CO₂ (dióxido de carbono). La quema de combustibles fósiles provoca una mayor emisión de dióxido de carbono (se ha duplicado su concentración desde principios del siglo XX hasta ahora [4]. lo que provoca un exceso de temperatura o calentamiento global que tiene como consecuencia el conocido cambio climático.

Un informe consolidado del Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV) registró que, de las 7.158 muertes ocurridas en el 2016 por accidentes de tránsito, 3.759 (52 por ciento) fueron motociclistas: indica que cada día murieron 10 en promedio. Doblaron en número a los peatones, que ocupan el segundo lugar entre las víctimas fatales, con 1.858 muertos en el 2016.

Aunque en el primer semestre del 2017 por primera vez en los últimos años disminuyeron los motociclistas fallecidos y lesionados, los motociclistas se mantuvieron a la cabeza en la lista de víctimas mortales. Un informe preliminar del Observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) estableció que entre enero y junio del presente año murieron 1.470 conductores de motos (un promedio de 8 diarios), frente a 1.631 en igual periodo del 2016, es decir, bajó en un 9,9 por ciento el registro, con 161 víctimas mortales menos. Según la Organización Mundial de la Salud, los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte entre los jóvenes entre 15 y 29 años, la segunda entre los 5 y los 14, la tercera entre los 30 y los 44 y la octava de los 45 años en adelante [5].

Es por esto por lo que al pensar en el desarrollo futuro y bienestar de la humanidad la tendencia es utilizar medios de transporte que utilicen como combustibles energías renovables, y reduzcan su huella de carbono al máximo, además es importante pensar en la seguridad de los motociclistas ya que a diario se ven involucrados en

accidentes de tránsito, se ve entonces la necesidad de desarrollar diseños que aporten más confort y seguridad a sus ocupantes, que provean condiciones de manejo más seguras ante las inclemencias de la vía y que puedan reducir la tasa de mortalidad de motociclistas en accidentes de tránsito.

Justificación

La investigación e implementación de nuevas tecnologías permiten el desarrollo de nuevas formas alternativas de transporte. La sociedad de hoy utiliza las motocicletas como principal forma de movilización al ser muy económicas. Sin embargo, no dejan de ser contaminantes; por tal razón es conveniente implementar el uso de motores eléctricos, celdas de almacenamiento de energía y sistemas de recarga, que permiten bajar los niveles de contaminación. “Noruega es el país más avanzado en la implementación de autos eléctricos, por las calles del país nórdico circulan más de 7.000 carros de este tipo, que cuentan con 3.200 puntos de recarga gratuitos. [6] Este auge se debe, a los incentivos que ha creado el Gobierno para promover el uso de los carros eléctricos: exención del IVA, parqueo gratuito y el permiso de circulación por los carriles de bus.”

Colombia progresa en gran parte debido al transporte, sin embargo, el uso de motocicletas eléctricas es muy bajo, debido a la falta de incentivos para que las personas prefieran un vehículo eléctrico a uno que funciona con combustibles fósiles. Los vehículos eléctricos se presentan como una solución de movilidad muy económica, aunque son muy pocas las empresas que pueden importarlos, razón por la cual se ha optado por fabricarlas en el país incursionando en el desarrollo de esta tecnología.

En caso de accidente automovilístico, una motocicleta normal no cuenta con ningún sistema de seguridad más que unas simples barras de protección, se puede decir entonces que en comparación a un carro esta la causa principal de graves lesiones o la misma muerte cuando una motocicleta se enfrenta a un accidente, esto es debido a que estas no tienen ningún tipo de soporte o jaula que proteja al pasajero de una posible colisión y evite que este se encuentre seguro en cuanto al ambiente en el que se produce el accidente, El modelo de hoy combina las que posiblemente sean las dos mejores ventajas que se pueden extraer de un vehículo de dos ruedas y uno de cuatro: la agilidad entre el tráfico e ir siempre a cubierto y protegido tanto de las inclemencias del tiempo como en caso de una colisión.

Este nuevo diseño será muy útil al momento de enfrentar una colisión frontal. La dureza de la cabina y la forma de un huevo en combinación con un cinturón de seguridad multipunto garantizan su máxima seguridad.

El diseño y fabricación de motocicleta eléctrica se realizará con el fin de implementar una forma de aplicación de esta energía y nuevos sistemas de seguridad que brinden mayor protección al usuario, brindando ventajas importantes como la economía al momento de transportarse, e incentivar al uso de estos vehículos con cero emisiones contaminantes, consolidando al sector eléctrico como precursor y desarrollador de transportes limpios. A esto se suma el diseño de un sistema de cubierta que prevenga algunos de los accidentes más comunes que ocurren a los motociclistas, además de algunas adversidades del clima como la lluvia y el viento, garantizando de esta manera aumentar la seguridad del motociclista.

Marco Teórico

Este capítulo está destinado a explicar el vehículo eléctrico (EV – Electric Vehicle) con las referencias que se han encontrado en la literatura, además de las conclusiones que se han tomado sobre cada uno de los conceptos y datos necesarios para el desarrollo de este segmento

El vehículo eléctrico se define como un automotor que obtiene su capacidad de movimiento a través de liberación de energía eléctrica almacenada, y que es transmitida a uno o varios motores eléctricos. Estos vehículos cuentan con un sistema de almacenamiento de energía mediante el cual se alimenta el motor eléctrico encargado de generar el movimiento del vehículo. Entre los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica más comunes se encuentra la batería, sin embargo, existen otros dispositivos de almacenamiento que pueden ser utilizados como una fuente auxiliar de energía, tales como los ultra-condensadores o pilas de combustible (Fig. 1).

A partir de la década de los 90, los EV han tenido un rápido desarrollo en la industria automotriz. Un objetivo principal para impulsar la utilización de los EV, son disminuir los problemas de calentamiento global y la dependencia de los combustibles fósiles, convirtiendo este tipo de vehículos en una alternativa viable para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero [7]. A pesar de ello. La movilidad eléctrica enfrenta grandes retos como el costo inicial y el tiempo requerido para recargar las

baterías, la autonomía que poseen estos EV comparados con los vehículos de combustión interna. No obstante, el costo inicial del EV se amortiza en pocos años, debido a los ahorros derivados al no uso de combustible y al mantenimiento, puesto que estos vehículos no requieren aceites ni lubricantes para su operación, presentan un menor desgaste de frenos y ausencia de transmisiones mecánicas, y sus motores, al ser totalmente silenciosos, no sufren vibraciones, lo que además ayuda a reducir la contaminación acústica.

A pesar de todos los beneficios mencionados anteriormente, el poco conocimiento del consumidor acerca de la rentabilidad y las ganancias que se obtendrían al adquirir un EV, ha llevado a que este no sea uno de los medios de transporte menos adquiridos, ya que, por preferencia y acercamiento directo de los clientes con los vehículos convencionales, se genera cierto grado de desconfianza al momento de pensar en adquirir un EV [7].

A continuación, se presentará la clasificación de los vehículos eléctricos (Fig. 1).

Vehículo eléctrico puro (EV)

También llamado un vehículo eléctrico a batería (BEV), es un vehículo que utiliza la energía eléctrica acumulada en un banco de baterías recargables como único recurso energético para mover el vehículo. Los sistemas básicos de un EV incluyen: el motor eléctrico, la batería y el controlador del motor eléctrico. En condiciones normales de operación, el controlador es alimentado por la batería, y transmite la energía de forma regulada al motor eléctrico con el fin de generar el movimiento del vehículo. La autonomía de estos vehículos está definida por la capacidad y el peso de las baterías, elemento que es la parte más costosa del vehículo. Esto, aumenta el costo inicial de la compra, y se considera uno de los principales problemas en la adquisición de este tipo de vehículo. Tesla Motors es una de las compañías que más ha avanzado en investigación y desarrollo en estos vehículos, marcando la diferencia con innovación, eficiencia y autonomía [7].

Vehículo eléctrico híbrido (HEV)

Es un vehículo que utiliza la combinación de dos fuentes de energía para mover el vehículo, por lo tanto, la combinación de dos motores, motor de combustión interna (ICE) y motor eléctrico. La batería y el motor eléctrico

están destinados a mejorar la economía de combustible o el rendimiento que un vehículo convencional tendría. Este tipo de tecnologías logra reducir el consumo de combustible hasta en un 40% [7]. Durante la desaceleración, los frenos regenerativos, que son un dispositivo que permite reducir la velocidad del vehículo aprovechando parte de su energía cinética y transformándola en energía eléctrica [4], ponen al motor eléctrico del vehículo a operar en modo inverso, lo cual significa que se comporta como un generador de electricidad. Así, durante los procesos de desaceleración, el motor eléctrico genera energía eléctrica, cargando las baterías del vehículo. Este tipo de frenos son más eficaces a velocidades bajas, es decir, en el tráfico urbano. De acuerdo con la forma en que sean ensamblados sus motores, pueden ser diseño-serie, diseño-paralelo.

Vehículo eléctrico enchufable (PHEV)

Este vehículo tiene un mecanismo de funcionamiento similar al HEV, la diferencia es que no cuenta con un sistema de frenos regenerativos, pero en reemplazo de éstos, sus baterías se recargan en una fuente externa ya sea de tipo doméstico o en puntos públicos adaptados para este fin. Estos vehículos son capaces de funcionar con combustibles fósiles, electricidad o una combinación de ambos, lo cual, conduce a una amplia variedad de ventajas como la reducción de la dependencia del petróleo, el aumento económico por la reducción en la utilización de combustible, el aumento de la eficiencia energética, debido a que el motor eléctrico tiene una eficiencia más alta que un ICE y la disminución de GEI. Existen tres modos de funcionamiento: Diseño en serie de sus motores, diseño en paralelo y diseño paralelo-serie. El diseño en serie, las ruedas del vehículo solamente se hacen girar por el motor eléctrico y no por el motor de combustión interna, ya que en este último solo se utiliza para suministrar energía al sistema eléctrico, para proporcionar la propulsión. En el diseño en paralelo, tanto el motor ICE como el motor eléctrico pueden tener el manejo de las ruedas de forma independiente o incluso simultáneamente a través del acoplamiento mecánico. Por último, en el diseño paralelo-serie el vehículo tiene la flexibilidad de funcionar tanto en serie como en modo paralelo [7].

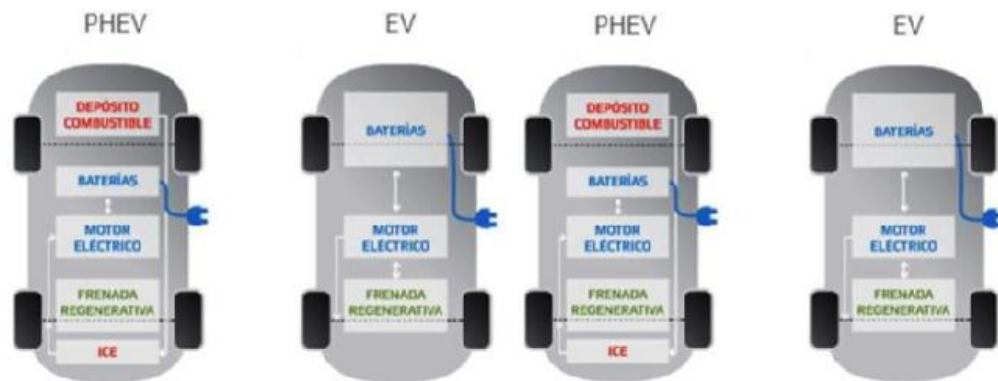


Fig. 1. Tipo de vehículo eléctrico
créditos: mediavida.com

Sistema de propulsión:

El vehículo eléctrico es propulsado por uno o varios motores eléctricos, su función es transformar la energía eléctrica que llega de las baterías en movimiento. Esta energía puede ser aprovechada en forma de corriente continua o en forma de corriente alterna. En este último caso se requiere de un inversor. También otro elemento fundamental es el controlador electrónico y el convertidor DC/AC. Todo el sistema de propulsión de un EV esta correctamente distribuido a lo largo del vehículo. (Fig. 2), [8].

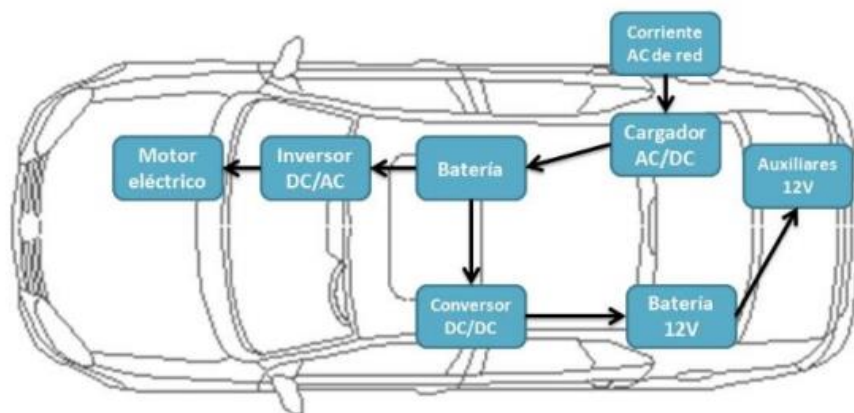


Fig. 2. Sistema de propulsión de un vehículo eléctrico.
créditos: endesaeduca.com

Unidad de control electrónica ECU

Por último, nuestro director de orquesta, la ECU del sistema eléctrico, (Fig. 3), que debe coordinar todo en buena armonía: el BMS, el cargador, el inversor, el convertidor, etc.

Debe conocer en todo momento la carga de la batería, y el programa de conducción seleccionado. Los vehículos eléctricos al no producir emisiones contaminantes no requieren cumplir con el estándar OBD en cuanto al control y diagnóstico del motor.

Este dispositivo determina la cantidad de energía que debe recibir el motor eléctrico de las baterías y viceversa (cuando el generador recarga las baterías), es el elemento intermedio entre las baterías y el motor eléctrico [9].



Fig. 3. Unidad de control electrónico ECU.
Créditos:aficionadosalamecanica.com

Batería:

Es un dispositivo de almacenamiento de energía que consta de células electroquímicas que convierten la energía química almacenada en energía eléctrica. Existen varias características que se deben tener en cuenta para la selección de la batería más adecuada para un EV, pero la más significativa es la capacidad de la batería, la cual se mide en Amperes-hora (Ah) [10]. Existen varios tipos de baterías: baterías de plomo, baterías de níquel y baterías de litio siendo éstas últimas las más convenientes por su peso liviano, además no tienen efecto de memoria y no tienen

metales tóxicos como el plomo y el mercurio. Otra de las características importantes son el tiempo de recarga y el costo. En cuanto a la forma de recargar las baterías no hay una estandarización, pero, normalmente se trata de un enchufe de tres entradas, que dispone de terminales normales de corriente, fase y neutro, además de puesto a tierra, tal como el enchufe tipo doméstico. Otro tipo de enchufe es de 5 entradas (tierra, tres fases y neutro), (Fig. 4). Lo que lo diferencia de uno normal, es que en su forma posee dos conectores extra en su diseño, uno de estado de conexión o desconexión y otro de comunicación con el vehículo. El diseño de su carcasa hace que su aislamiento sea muy seguro, lo cual casi que imposibilita el contacto directo con el paso de la corriente y hace más segura la transmisión de energía, sin que ponga en peligro la seguridad de quienes lo manipulan. Estos conectores los podemos encontrar ya de forma fija en los puntos de recarga o electrolineras [9]. Por ejemplo, Tesla Motors ha implementado en Estados Unidos y parte de Europa unos puntos denominados “Carga rápida”, con esta inserción se pueden garantizar trayectos más largos en zonas rurales. Esta iniciativa comenzó con 312 estaciones completamente equipadas con 1.748 puntos de recarga con un costo de cero dólares, según el blog oficial de la casa fabricante [10].



Fig. 4. Conector de carga vehículo eléctrico.
créditos: lugenergy.com

Lo más complicado de estas baterías es competir con la elevada densidad de energía que tiene el petróleo, por ello, es que el tamaño de la batería es tan grande, siendo una batería de Tesla Motors, mientras que el tanque de almacenamiento de

combustible no necesariamente tiene que ser tan grande como el espacio que ocupa la batería. Comparativamente, hoy en día, la densidad energética de las baterías de litio es aproximadamente de 0,16 kwh/kg frente a los 13 kwh/kg en la gasolina [11].

Con estos datos parece que todavía existe un largo camino entre el EV y el vehículo convencional. No obstante, esta impresión es errónea, ya que, considerando la mayor eficiencia del EV y la tecnología actual, es posible incrementar el uso de estos vehículos. Además, a medida que la tecnología avance en el desarrollo de las baterías, los EV se podrán utilizar para viajes de gran recorrido.

Ultra-condensadores (UC):

Tienen una estructura similar a un condensador normal, con la diferencia de que los UC tienen alta capacidad de sustentar unas densidades de energía mayores. Dentro de las características de los UC, se encuentra: no requiere mantenimiento, tiene mayor vida útil y es insensible a las variaciones de temperatura. Su sistema de almacenamiento de energía está diseñado para ayudar a una batería o una pila de combustible en el caso de alta demanda de potencia en un sistema de HEV. El UC tiene una larga vida ya que no hay variación química en los electrodos. Muchos fabricantes de automóviles utilizan los UC para almacenar la energía de frenado y así mejorar la eficiencia de transmisión. Diversas investigaciones e institutos de desarrollo están trabajando en aumentar el rendimiento de los UC [12].

Centro de gravedad:

“Es la posición donde se puede considerar actuando la fuerza de gravedad neta, es el punto ubicado en la posición promedio donde se concentra el peso total del cuerpo. Es importante localizar este punto para la construcción de estructuras fijas o móviles, debido a que esta variable determina la estabilidad de un cuerpo y es más importante aun cuando ese cuerpo se encuentra en movimiento.

En las motos por la diferencia de reparto de pesos se modifica el centro de gravedad y con ello el comportamiento al que estamos acostumbrados en nuestra moto. Para empezar, al tener mayor peso en la rueda posterior el freno trasero y el freno motor será más efectivo y se tardará mucho más en bloquear la rueda por el mayor agarre, por esta razón lo podemos usar con más fuerza para tener una frenada equilibrada, aunque debemos de tener en cuenta también que tendremos más inercia debido al peso y por tanto nos costará más frenar. Igualmente se modifica el comportamiento

en las curvas y ahora la moto será más “pesada” para meterla por lo que debemos comenzar la trazada y actuar con más anticipación que estando solos. También como la distancia al suelo se reduce es más fácil que en las curvas golpeemos la parte baja de la moto, los avisadores, los caballetes, etc.

Otros factores que afectan la conducción son las acciones y reacciones del acompañante. El pasajero ideal es aquel que casi no se siente y forma un solo conjunto con el conductor, conservando siempre su misma línea tanto en recta como en las inclinaciones en las curvas. Los pasajeros sin experiencia tienden a contrarrestar instintivamente la inclinación de la moto en las curvas desplazando el cuerpo hacia el otro lado con resultados nefastos para el piloto ya que sentirá como se mueve de manera extraña la moto y es más difícil llevarla por donde desea. Cuando esto sucede, se debe anticipar la reacción del acompañante e indicarle que lo ideal es que se mantenga recto sobre la moto.

Motor Eléctrico

“Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica.

Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento”. Esta máquina ha remplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Motores de corriente continua

Los motores de corriente continua CC fueron los primeros tipos de motores que se utilizaron para la tracción de vehículos eléctricos, sin embargo, actualmente han sido sustituidos, en la mayoría de los casos, por los motores de corriente alterna por las ventajas que estos últimos presentan con respecto a los primeros (menor coste de fabricación y de mantenimiento). La ventaja de estos motores es lo fácil que se controlan, donde con solo un reóstato y unos contactores, servían para controlar la velocidad del vehículo sin tener que recurrir a la electrónica. Electrónica que todavía no se había inventado en los primeros coches eléctricos.

Existe otra variante de motores de corriente continua que son los motores de corriente continua sin escobillas o "Brushless", también conocidos como BLDC (**B**rush **L**ess **D**irect **C**urrent), que los hace más atractivos para su utilización en vehículos eléctricos. Su funcionamiento es muy parecido al del motor síncrono de

imanes permanentes, pero con la diferencia de que el sistema electrónico es considerado parte del motor [13].

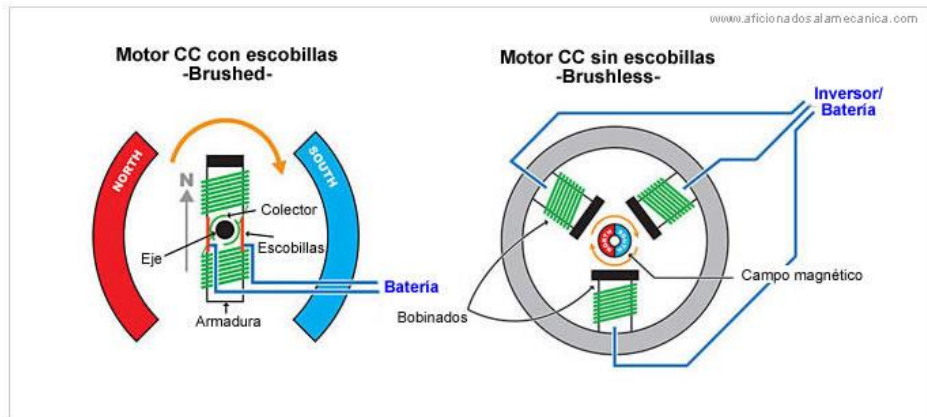


Fig. 5. Motor de escobillas y Brushless
créditos: aficionadossalamecanica.com

El funcionamiento de estos motores es similar a otros motores eléctricos de imanes permanentes.

Al energizar una bobina, esta crea un campo magnético. El rotor que tiene un campo magnético constante detecta la variación y tiende a alinear el campo creado por el estator y el propio haciendo girar el rotor ya que es la parte móvil del motor (Fig. 6, 7). Para lograr que el rotor siga girando, antes de que se alinee por completo la bobina energizada con el rotor, se energiza la bobina que le sigue y a la anterior se la deja de alimentar. Esto provoca que el campo magnético del rotor siga al campo magnético del estator, que va variando en el tiempo, haciendo que el rotor gire.

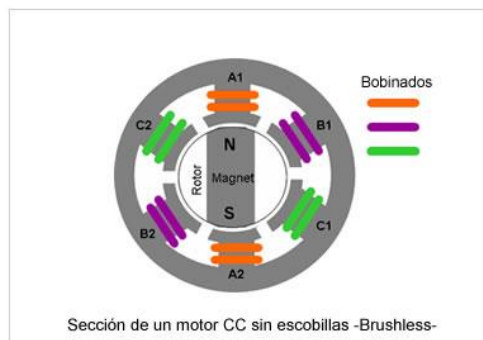


Fig. 6, 7. Sección interior motor Brushless
créditos: tecnocio.com

Un ejemplo de la utilización del motor Brushless DC, lo tenemos en el vehículo híbrido Honda Insight. Este híbrido utiliza un motor eléctrico (10 kW - 78 Nm) ultradelgado situado entre el motor térmico y la caja de cambios. (Fig. 8)

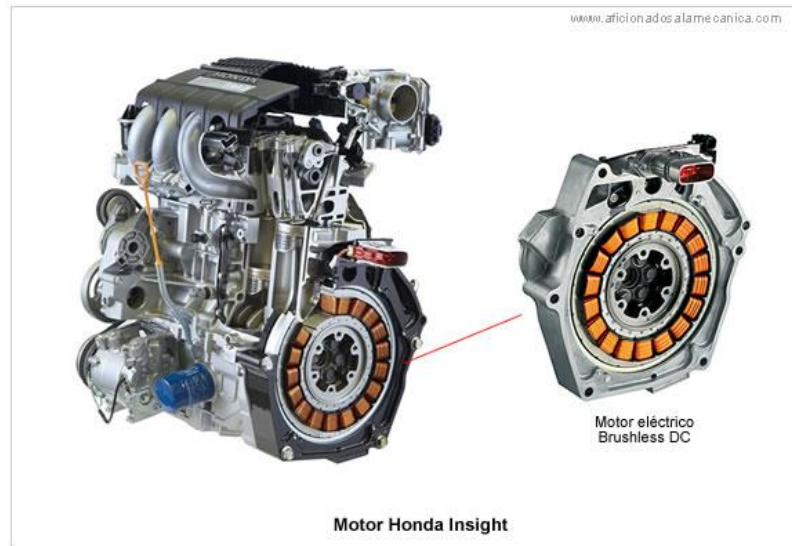


Fig. 8. Motor Insight.
créditos: endless-sphere.com

otro ejemplo un poco más acercado a el motor que se podría usar en una motocicleta eléctrica es el Renault Twizy.

El Twizy en la versión "45" dispone de un motor eléctrico de 4 kW (5 CV) y 33 N·m y el Twizy "80" de 8 kW (11 CV) y 57 N·m que permite obtener una velocidad máxima de 80 km/h y en condiciones reales el Twizy 45 puede recorrer entre 80 y 100 km y el Twizy 80 entre 48 y 72 km, autonomía más que suficiente para un vehículo de ciudad.[14]

El inversor

Aparte de la batería de alta tensión y el motor eléctrico, hay un tercer componente fundamental en los vehículos eléctricos que es mucho menos nombrado y por lo tanto mucho más desconocido por el público en general: Estamos hablando del inversor (Fig. 9, 10).

El inversor es el componente que se encarga de extraer energía de las baterías y proporcionársela al motor, de acuerdo con las instrucciones indicadas por el conductor (según la presión en el pedal del acelerador). Las baterías entregan una

determinada tensión, constante, pero para conseguir que el motor funcione al régimen de revoluciones deseado, tendremos que alimentarlo con los niveles de tensión adecuados a la demanda mecánica exigida. En muchos casos, el motor funciona con corriente alterna, monofásica o trifásica, algo que no puede ser proporcionado directamente por las baterías.

El inversor es el componente encargado de realizar las conversiones necesarias, adaptando voltajes y formas de onda para alimentar al motor convenientemente a partir de la energía almacenada en las baterías, disponible como una fuente de corriente continua con un voltaje determinado. También es el encargado de recuperar energía del motor, en el caso de que éste esté actuando como mecanismo de frenado y almacenar dicha energía recuperada de nuevo en las baterías.

El inversor es un complejo elemento (en la imagen podemos ver la carcasa y el interior del inversor de un Toyota Prius), y al igual que sucede con las baterías y los motores, los ingenieros de las empresas automovilísticas se afanan por conseguir las máximas prestaciones y rendimientos de estos componentes, fundamentales en la realización de vehículos eléctricos [15].

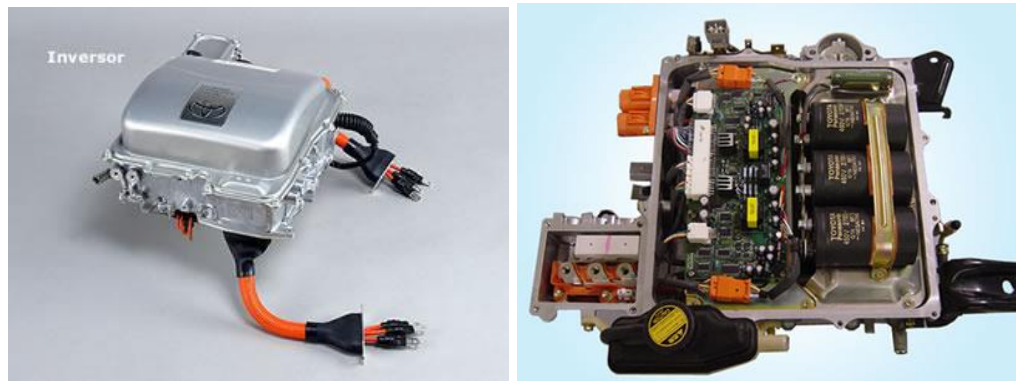


Fig. 9, 10. El inversor
créditos: aficionadosalamecanica.com

Con respecto al rendimiento de estos componentes, los fabricantes no suelen indicar estas cifras. Inversores de potencia similar utilizados en el ámbito de la energía solar, presentan cifras de rendimiento del orden de un 95%, así que mientras no dispongamos de datos más precisos, podemos asumir que los inversores utilizados en los vehículos eléctricos presentan cifras de ese mismo orden.

Cargador

El cargador o transformador convertidor es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para así poder cargar la batería principal (Fig. 11). En el caso de utilizar cargadores ultrarrápidos de corriente continua (DC), no se utiliza el cargador interno del coche, sino que se carga la batería directamente, no olvidemos que la batería está cargada con corriente continua y no es necesario de un cargador que nos transforme la corriente alterna (AC) en corriente continua (CC).



Fig. 11. Sistema de carga.
créditos: wallbox.com

Convertor

El convertor (convertidor), (Fig. 12) transforma la alta tensión de corriente continua, que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Este tipo de corriente es el que se utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares eléctricos del coche [16].

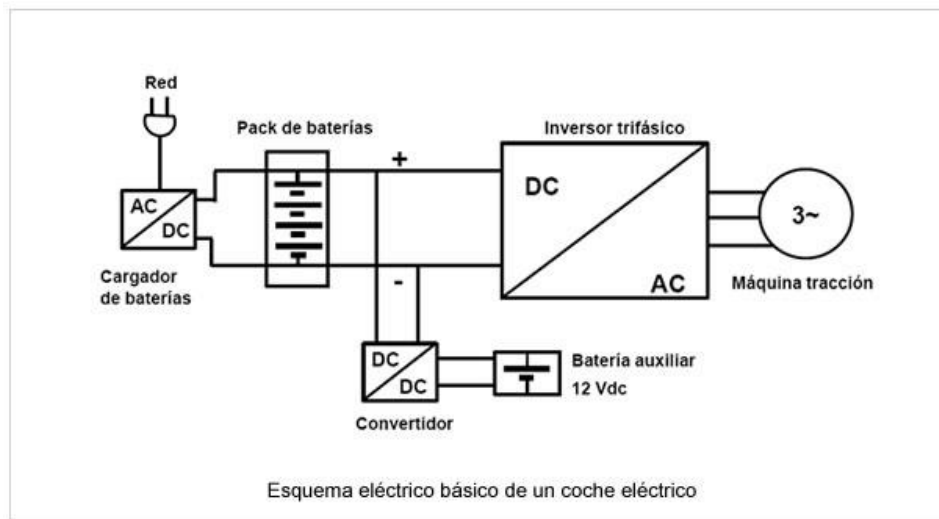


Fig. 12. Esquema eléctrico de un EV.
créditos: aficionadosalamecanica.com

Sistema de transmisión de movimiento:

“Es un sistema que permite aumentar, disminuir o mantener la velocidad de giro, mientras mantiene o invierte el sentido”. Generalmente este tipo de sistemas son quienes permiten la manipulación correcta del funcionamiento de un conjunto de mecanismos y garantizar que su diseño sea eficiente.

“Una motocicleta que utiliza un motor eléctrico como medio de propulsión,” notablemente va creciendo su popularidad en la medida en la que aumentan los precios de la gasolina. La tecnología de las baterías mejora de forma continua haciendo más práctico y ecológico este medio de transporte.

Una de las primeras motocicletas completamente eléctricas que salió al mercado en el mundo, sin emisiones contaminantes es “La moto Brammo Enertia, diseñada para un único ocupante, alcanza una velocidad máxima de 90 km/h, con una autonomía máxima de 80 km, con un peso de 125 kg, por lo que su uso se ve limitado a ciudades o trayectos muy cortos.” No obstante, esta motocicleta supera, tanto en prestaciones como en rentabilidad del consumo a todas las motocicletas que hoy en día circulan con gas [17].

La moto eléctrica más veloz del mundo actualmente “Alcanza los 350 km/h, esta motocicleta fabricada por la compañía Lightning Motorcycles ha volado sobre la pista de sal del Autódromo de Bonneville. Hasta ahora ninguna moto de este tipo había conseguido romper la barrera de los 320 km/h, marcada también por un

modelo de la misma compañía.” Con esto se concluye que el uso de vehículos eléctricos sobrepasa los límites, dejando atrás el mito de que no superaría una motocicleta de motor de combustión interna, así entonces la misión de los ingenieros es buscar una solución que se adecue a todas las necesidades tanto para la preservación del medio ambiente como para el confort del ocupante.

Sistema de suspensión:

El sistema de suspensión del vehículo es el encargado de controlar el comportamiento de las ruedas en contacto con el suelo, dando seguridad y confort durante la conducción y aportando estabilidad, también, soportan el peso del vehículo, absorben las vibraciones y golpes bruscos y evitan el desajuste o rotura de algunas piezas o mecanismo. Existen diferentes tipos de sistemas de suspensión en dependencia si es delantera o trasera; entre estos están [18].

- Sistema de suspensión rígida.
- Sistema de suspensión de muelles.
- Sistema de conexión.
- Sistema de barra tirante.
- Suspensión trasera de doble brazo con brazo longitudinal.
- Suspensión trasera de doble brazo transversal.
- Sistema de eje macizo.
- Suspensión delantera de cuatro brazos.
- Suspensión delantera LMW.

Sistema de suspensión LMW

Para lograr un rendimiento con una buena sensación de agilidad, ligereza y estabilidad en una configuración de vehículo con dos ruedas delanteras y una rueda trasera, el diseño delantero de la moto emplea suspensiones telescópicas derecha

e izquierdas independientes que son compatibles y están conectados al chasis por medio de un mecanismo de enlace de paralelogramo (Fig. 13). Este sistema separa los mecanismos para permitir que las dos ruedas delanteras se inclinen y mantenga la funcionalidad de la suspensión, además permite lograr un ángulo de inclinación profundo y un ángulo de dirección grande para el manillar, lo que contribuye a una sensación ligera y ágil.

Al permitir que las dos ruedas delanteras se inclinen en sinergia con el chasis al girar, el mecanismo LMW aporta una sensación natural al manejo. El componente esencial para lograr esto es el mecanismo de enlace de paralelogramo que soporta las suspensiones independientes izquierda y derecha de las dos ruedas delanteras y las conecta al chasis.

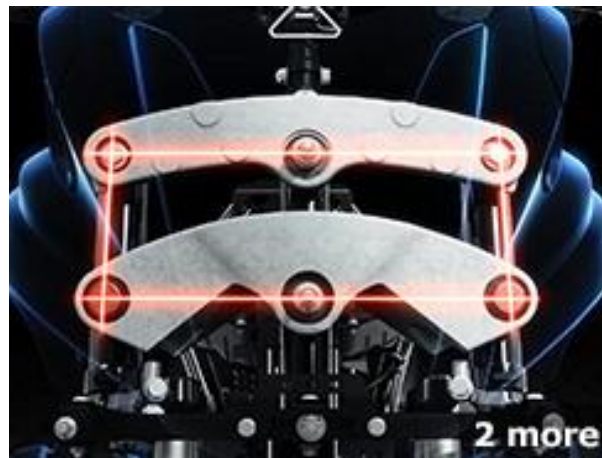


Fig. 13. Paralelogramo suspensión LMW
créditos: global.yamaha-motor.com

El enlace en sí está compuesto por dos brazos que siempre son paralelos entre sí y se colocan uno encima del otro. Con las suspensiones derecha e izquierda, conectadas a ellas, el conjunto de enlace toma la forma de un rectángulo cuando se ve desde el frente con el vehículo en posición vertical y un paralelogramo cuando la máquina está inclinada [19].

La construcción básica del enlace paralelogramo es simple y permite una unidad más ligera y compacta. Y, debido a que hay poco cambio en el ancho entre los neumáticos derecho e izquierdo donde entran en contacto con el suelo, logra cualidades de manejo natural con una buena sensación de estabilidad.

Gracias a este tipo de diseño se decidió utilizar la suspensión LMW con sistema de doble llanta por paralelogramo, esta suspensión permite alcanzar ángulos de inclinación de hasta $^{\circ}45$, lo cual asemeja la conducción al estilo super sport de Moto GP, una de las características que más peso tuvo al momento de decidirse por él.

Sistemas de dirección:

La dirección permite controlar los movimientos del automóvil y es la encargada de trasladar a las ruedas, las maniobras que el conductor hace con sus manos en el volante, (Fig. 14). Este sistema está aplicado en las ruedas delanteras. Básicamente, existen tres tipos de dirección, según la unión existente entre la barra de dirección y las bielas que actúan sobre las ruedas.



Fig. 14. Dirección suspensión LMW
créditos: global.yamaha-motor.com

Para asegurar la estabilidad y la facilidad de dirección y reducir al mínimo el desgaste de las llantas, las ruedas delanteras necesitan tener la alineación correcta. Se llama geometría de la dirección a los ángulos interrelacionados entre los ejes, ruedas y otras partes de la suspensión y el bastidor. Los ángulos utilizados son: principio de Ackerman y Caster [19].

Principio de Ackerman

Este principio consiste en que solo giran las ruedas, los brazos y los mangos de rueda, en lugar de que gire todo el eje delantero como en los carros de caballos. Bajo este principio, los brazos de dirección están colocados en un ángulo de 100° con el mango de rueda, en lugar de 90° . Con esta colocación la rueda interna gira a un ángulo mayor que la rueda externa al dar una vuelta. Cuando el vehículo avanza en línea recta, las ruedas permanecen paralelas [20].

Ángulo de Caster

Es la inclinación del eje hacia el frente o hacia la parte de atrás del vehículo, (Fig. 15). Debido al caster, las ruedas hacen contacto con el camino detrás o adelante del punto de carga del eje. El punto de carga es la línea a lo largo de la cual se aplica la fuerza de gravedad, lo que produce un efecto de arrastre como el de la carretilla de un mueble, ruedas de carro de mercado, sillas de ruedas, sillas de escritorio y es que fácilmente se puede observar en las horquillas de bicicletas y motos, cuya función es volver las ruedas en la posición recto hacia delante, después de que el vehículo ha girado o mantener la dirección del vehículo en línea recta cuando se suelta el volante.

Es importante que los ángulos de Caster sean los mismos en las ruedas delanteras para evitar inestabilidad en la ruta o en la frenada, el ángulo empleado para esta aplicación es de 15° formando una palanca de 67.3mm que permite generar un momento de torsión con respecto al eje de giro de la rueda debido a la fuerza de fricción [21].

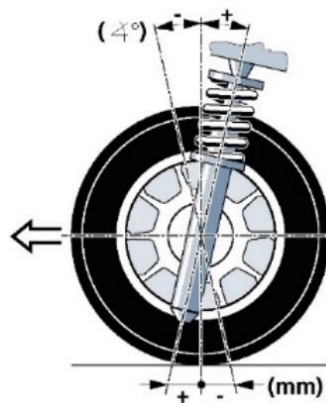


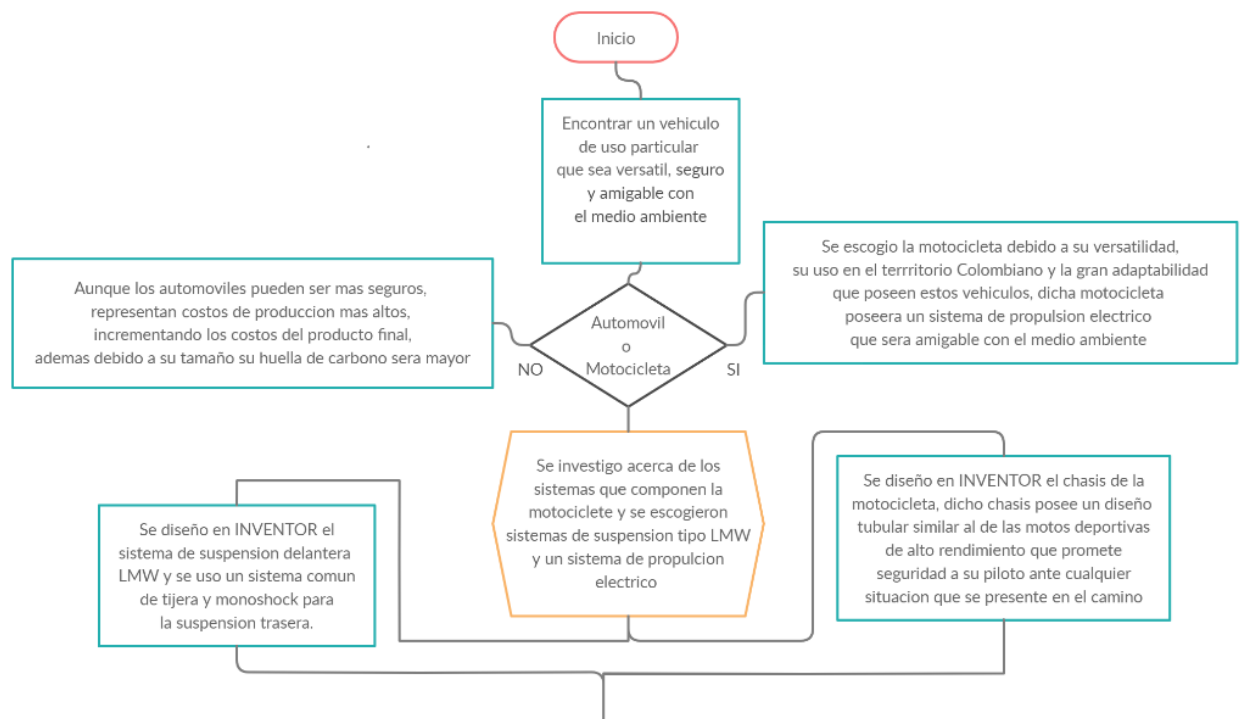
Fig. 15. Ángulo de Caster.
creditos: grupocircuit.com

Capítulo 2: Diseño del prototipo

En este capítulo se mostrará el proceso de diseño de la motocicleta etapa por etapa, se decidió Usar Inventor.

El software CAD Inventor brinda herramientas de alta calidad y precisión para diseños 3D, documentación y simulación de productos. Se decidió usar este software ya que al momento de realizar las simulaciones Inventor provee herramientas y opciones que permiten generar una simulación basada en la variación de los parámetros que constituyen la pieza, logrando de esta manera brindar al usuario la capacidad de analizar los resultados en base a cada parámetro que se definió para la simulación.

Para poder conseguir en una primera etapa un borrador del diseño y finalmente su prototipo se llevó a cabo un proceso de investigación y selección de los componentes con el objetivo de conseguir los objetivos propuestos, de esta manera y a manera general se observa un diagrama de flujo (Fig. 16) que resume el proceso que se llevo para llegar al prototipo final.



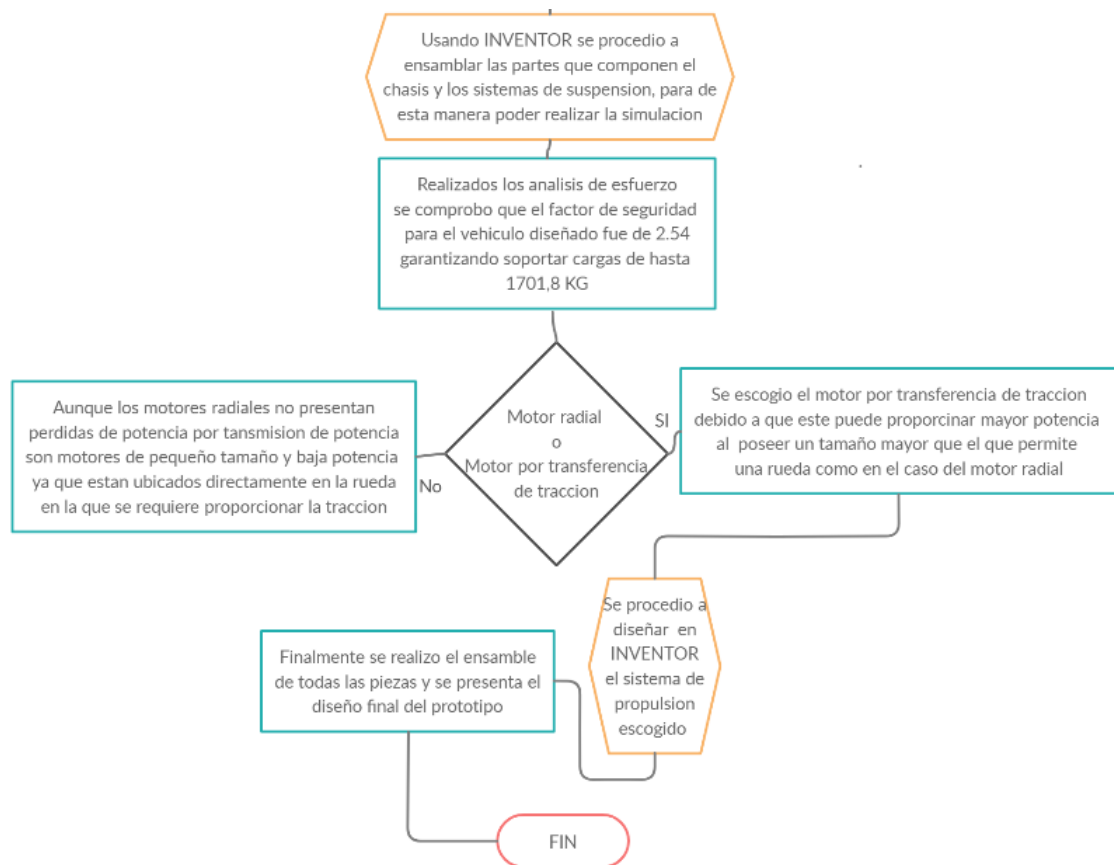


Fig 16. Diagrama de flujo, proceso de elección y diseño.

Diseño del chasis

Primero se procedió a diseñar el chasis de la motocicleta en Inventor 2017, lo primero fue realizar algunos trazos en un plano 2D formando una de las caras laterales del chasis. (Fig.17^a)

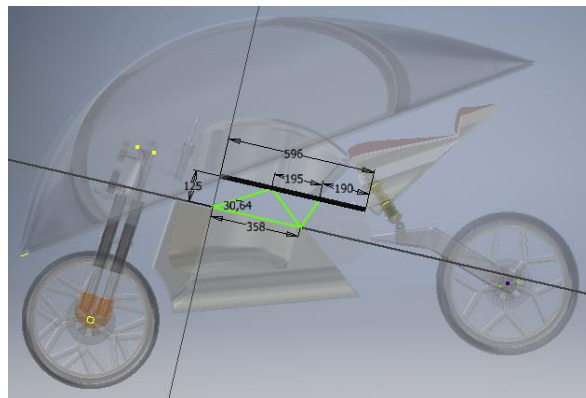


Fig. 17^a. Plano lateral del chasis.

posterior a esto, a partir de este primer plano se procedió a construir planos de trabajo en los demás ejes coordenados con el objetivo de trazar el resto del contorno del chasis. (Fig. 17b)

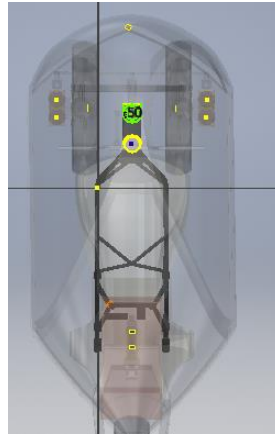


Fig. 17b. Plano superior del chasis

Una vez se realizaron todos los trazos en bocetos 2D se procedió a realizar un proceso de barrido el cual consiste en convertir estos trazos secciones tubulares que componen el chasis, (Fig. 18), ahora el chasis es una estructura formada donde se puede apreciar el diferente grosor de los tubos que los componen.

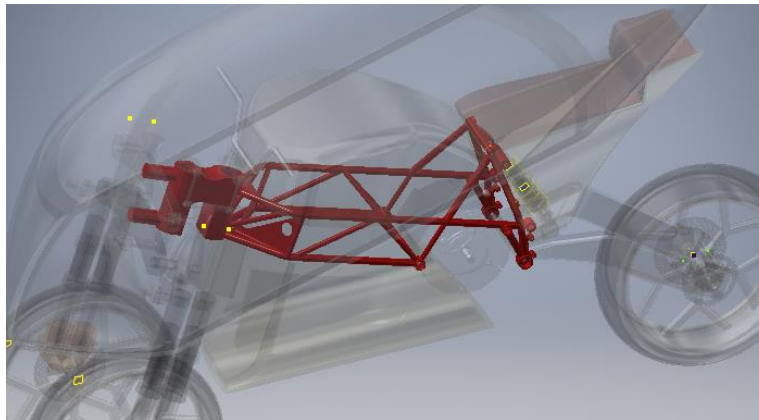


Fig. 18. Estructura del chasis.

Posterior a esto se construyó el sub-chasis de la motocicleta, (Fig. 19), el cual es el encargado de soportar el peso de los ocupantes y algunas maletas que puedan llevar, este proceso se realizó por un método diferente, realizando al principio los mismos tipos de boceto 2D pero esta vez, la sección tubular, fue realizada a través

de la herramienta de inserción de estructuras la cual permite consolidar toda la estructura como una estructura tubular de diferentes tipos al instante, posterior a esto es necesario utilizar las herramientas de bisel y chaflan para asegurar las uniones entre los tubos de la mejor manera posible.

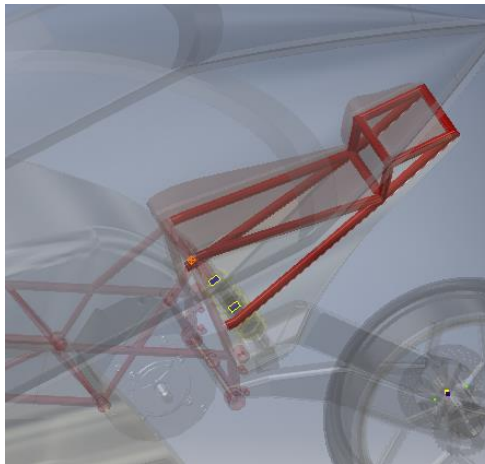


Fig. 19. Estructura del Sub-chasis.

Diseño de la suspensión

Una vez el chasis fue diseñado y probado bajo análisis estáticos de tensión para asegurar su viabilidad y factores críticos se procedió a diseñar la suspensión de la motocicleta. Para la suspensión delantera se decidió usar una suspensión tipo LMW, (Fig. 20, 21), producida por la marca Yamaha, y usada en sus motocicletas Nikken y tricity, esto, con el objetivo de alcanzar el mayor ángulo de inclinación posible en una motocicleta tipo sport de calle.

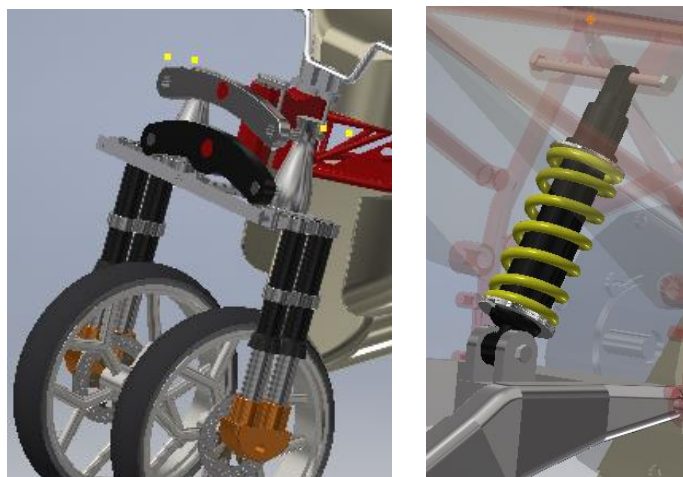


Fig. 20, 21. Suspensión delantera y trasera

Este sistema está compuesto principalmente por un cuadrilátero articulado que permite que la inclinación y la trayectoria de las dos ruedas delanteras sean las apropiadas para una moto de este estilo. Gracias a sus componentes, la moto mantiene en todo momento la distancia de 410mm entre las dos ruedas delanteras y a su vez, una correcta alineación ya esté rectas o inclinadas llegando hasta los 45° [19].

Para la parte trasera se utilizó un sistema de amortiguación tipo monoshock, referencia LS410 BS4 el cual disminuye al máximo los subvirajes por basculación de las suspensiones convencionales, posee un recorrido de 180 MM, este tipo de amortiguador solo es variable en precarga [22].

Diseño externo de la motocicleta

En esta actividad, (Fig. 22, 23), se diseñó toda la parte estética de la motocicleta, como las tapas, asientos, manillar y con objeto ilustrativo un sencillo diseño del motor.

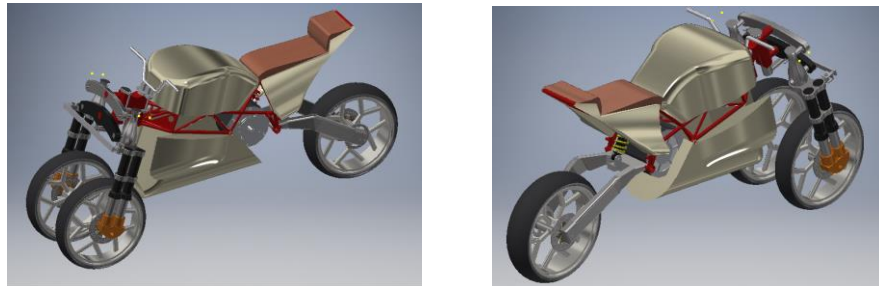


Fig. 22, 23. Diseño externo de la motocicleta

- Diseño de la cubierta

En esta etapa se diseñó la cubierta, (Fig. 24, 25), esta está compuesta de un material traslucido de material balístico con el objetivo de proporcionar la mayor dureza y resistencia posible a los impactos, además tiene un soporte en aluminio con el objetivo de proporcionar una estructura base para la cubierta.

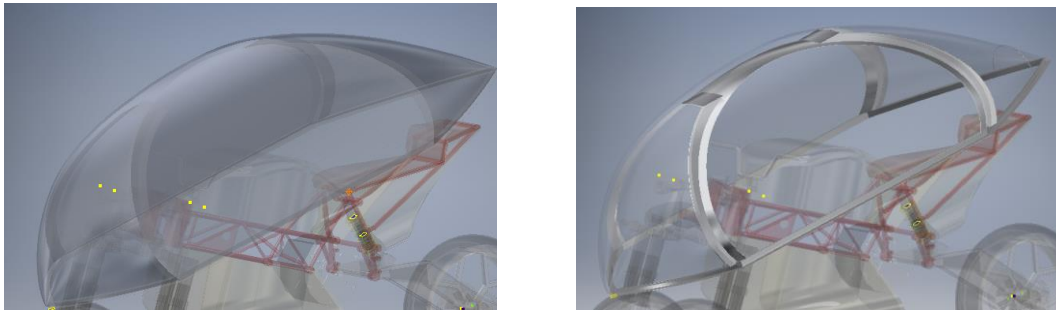


Fig. 24, 25. Diseño externo de la motocicleta

Ensamble de la motocicleta

Por último, se procedió a ensamblar todas las partes de la motocicleta y darle algunas variaciones de color para observar su diseño, (Fig. 26, 27) en diferentes tonos, la ubicación de las baterías esta en la parte inferior del chasis, dentro de la tapa inferior, se decidió esta ubicación ya que las baterías son uno de los componentes mas pesados y esto peso puede aprovecharse para tener un centro de masa lo mas bajo posible, haciendo la moto mucho mas estable en las curvas, el motor esta ubicado de igual manera en la parte inferior trasera justo debajo de la parte frontal del sub-chasis, tanto el motor como las baterías van ancladas al chasis por medio de soportes, el controlador, inversor y demás componentes del sistema electrónico están ubicados en donde estaría ubicado el tanque de gasolina en una motocicleta convencional, en la parte superior frontal de la motocicleta justo antes del manillar, la baterías para este caso son fijas en la motocicleta por lo que el proceso de carga deberá realizarse a través de un cable de carga de 110V



Fig. 26, 27. Variación de colores de la motocicleta

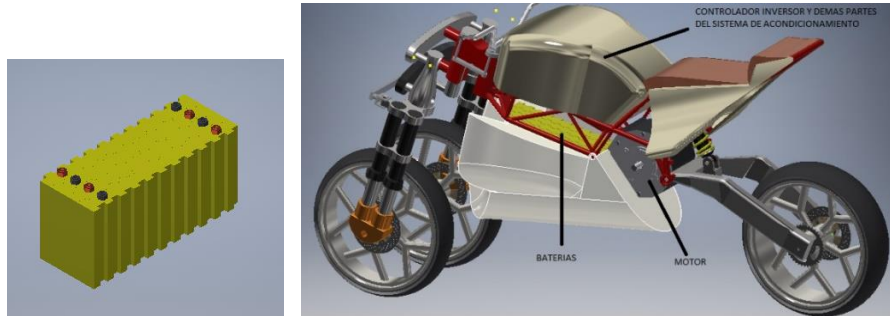


Fig. 27, 28. Bateria y ubicación de los componentes.

Capítulo 3: Resultados

Análisis estructural del chasis

Estos elementos listados a continuación son de suma importancia al momento de brindar validez y confiabilidad al proyecto, asegurando de esta manera su viabilidad. De esta manera se puede definir entonces las principales variables para tener en cuenta al momento de diseñar el prototipo, serán los aspectos estructurales y físicos más importantes para el consumidor final del producto.

Es por esto importante definir las variables más importantes:

- Peso de los ocupantes (independiente)
- Peso total del vehículo (independiente)
- Resistencia del chasis (dependiente)

Se pueden relacionar entonces estas variables como dependientes o independientes unas de otras, como la resistencia del chasis, que siempre dependerá del peso total del vehículo, pero sobre todo del peso de los ocupantes y los accesorios externos que estos puedan implementar en el vehículo.

Propiedades físicas del chasis

A continuación, se observará el análisis estructural desarrollado en el chasis de la motocicleta con el objetivo de asegurar que el peso total del vehículo y sus ocupantes sea soportado por el diseño estructural, se decidió utilizar Titanio para el chasis por su excelentes propiedades mecánicas, teniendo la tubería necesaria, un

costo aproximado de \$5.700.000 Cop [23], con una tubería de 1”*0.08” pulgadas y un aproximado de \$380.000 Cop por metro, alrededor de 15 metros de tubería necesarios para la estructura de la motocicleta.

Material	Ti-50A
Densidad	4,51 g/cm3
Masa	9,42001 kg
área	547899 mm2
Volumen	2088690 mm3
Centro de gravedad	X= 227,812 mm Y= 100,098 mm Z= -139,983 mm

Simulación y análisis estructural

Para el siguiente análisis se utilizó como peso máximo de los componentes de la moto un valor de 170 Kg, este peso incluye todos los componentes de la motocicleta, tanto mecánicos como electrónicos, incluyendo la batería y el motor, se realizó el análisis con el peso de dos ocupantes, cada uno con un peso aproximado de 250 Kg, además se utilizó titanio 50a como material de fabricación para el chasis el cual posee un límite de fluencia elástico de 310 Mpa. Además de un excelente comportamiento a la tracción y compresión, es uno de los materiales mas resistentes y es usado en aplicaciones muy particulares debido a su alto costo, sin embargo, para proporcionar los grados de seguridad que se espera obtener para este proyecto, un factor de seguridad de al menos 2, es necesario utilizar este tipo de material

Elemento	Peso		
Baterías	50 kg		
Motor y kit electrónico	80 kg		
Asiento, tapas y demás accesorios	40 kg		
Ocupantes (2)	250 kg	Total	420 kg

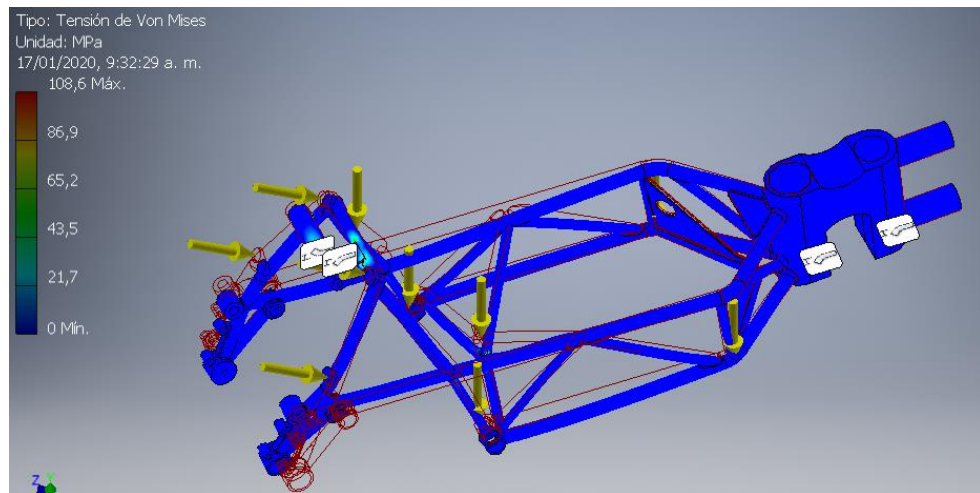


Fig. 30. Tensión de Von Misses

Tensión de Von Misses

En la figura anterior, (Fig. 30), se puede observar la tensión de von mises producto del análisis estático del chasis, para este caso la tensión máxima corresponde a 108.6 MPa, teniendo en cuenta que el límite de fluencia elástico del titanio 50A es de 310 MPa, este criterio de von mises nos asegura que no habrá ninguna falla mecánica o algún tipo de deformación permanente en el material y la estructura que este compone ya que la tensión máxima alcanzada en la simulación es menos de la mitad del límite elástico del titanio

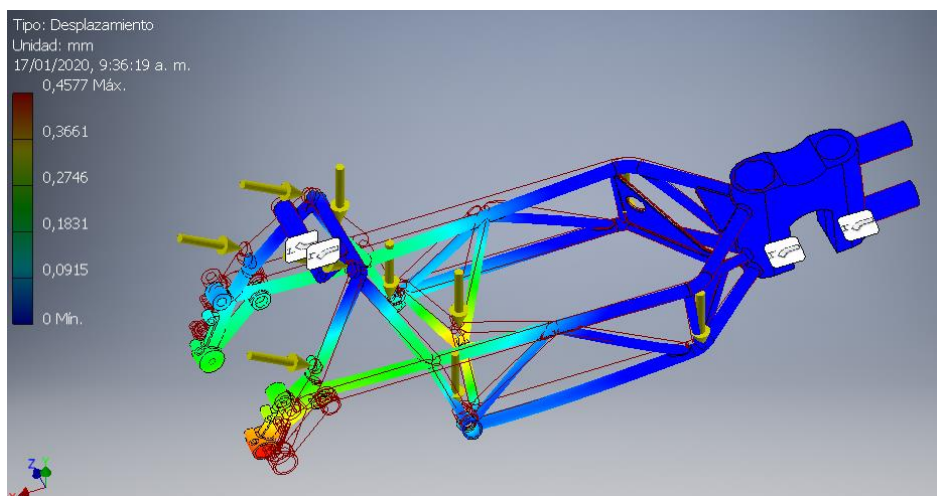


Fig. 31. Desplazamiento.

Desplazamiento

Debido al peso de los ocupantes y accesorios que se puedan utilizar, es normal que el chasis se deforme un poco dentro de los límites elásticos del material, por esto es importante asegurar que aquellas zonas que sufren mayor deformación no posean un desplazamiento significativo. En la figura anterior, (Fig. 31) se puede observar las zonas del chasis donde más desplazamiento podría existir, estas zonas corresponden al lugar donde el peso de los ocupantes en la moto se ejerce, sin embargo, se puede observar que dicho desplazamiento no excede los 0.4577 mm, lo cual es una cantidad de desplazamiento despreciable para este caso.

Por último una de los factores más importantes y definitivos acerca de este análisis es el factor de seguridad, este factor asegura que el chasis será lo suficientemente fuerte para soportar todos los componentes de la motocicleta y sus ocupantes, además debido a que el propietario podría variar tanto los componentes, como el peso de los accesorios y los ocupantes, es necesario garantizar que el vehículo soportara al menos 2 veces las cargas totales con las que se realizó el análisis, aunque lo más probable es que el peso nunca exceda 1.5 veces las cargas con las que fue realizado el análisis, es necesario garantizar que este será lo suficientemente fuerte para cumplir con las condiciones más extremas, además esto garantiza al momento de haber un accidente que el vehículo proporcione mayor seguridad a los ocupantes, absorbiendo el golpe y deformándose lo máximo posible antes de romperse que si tuviera un factor de seguridad más bajo.

A continuación, se observa el factor de seguridad resultante del análisis del chasis.

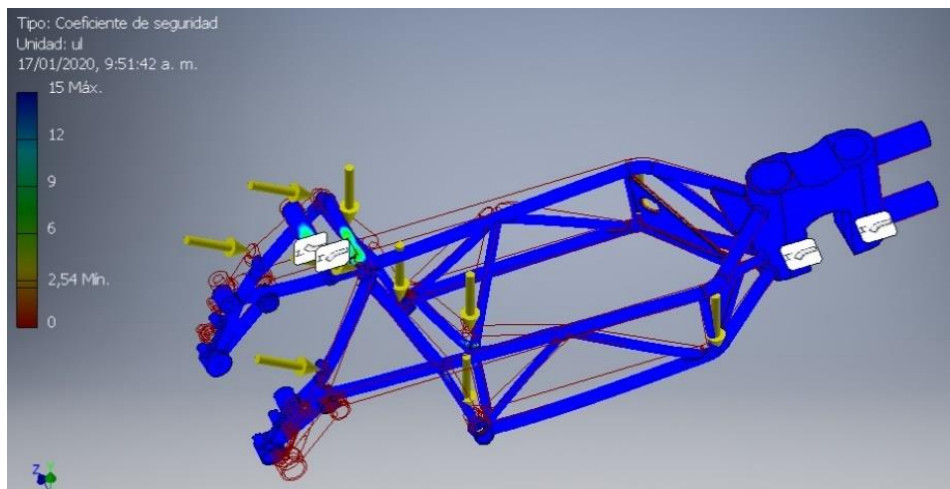


Fig. 31. Factor de seguridad

Factor de seguridad

Aquí se puede observar que el coeficiente de seguridad para este chasis es de 2.54 como mínimo lo que asegura que este chasis podría soportar cargas de hasta 1701.8 Kg antes de deformarse, lo cual ratifica este diseño como totalmente viable y seguro para este prototipo.

Se puede concluir entonces, como la resistencia del chasis, la cual define la seguridad de esta estructura, depende completamente del peso de los ocupantes y todos los componentes de la motocicleta, obteniendo de este análisis un excelente resultado ya que dichos 1701.8 kg corresponden al peso de un automóvil de 4 ruedas pequeño, y esto excede por mucho el propósito de una moto.

Capítulo 4. Sistema de propulsión eléctrico

Una vez diseñada toda la parte estructural de la motocicleta se procedió a investigar acerca del sistema de propulsión a usar, teniendo en cuenta las medidas y pesos más encontrados en el mundo del motociclismo, se tomó como base una altura de 185 cm y un peso aproximado de 120 KG, estas medidas son necesarias al momento de definir aspectos como que motor usar y su potencia, por esto se decidió usar un motor eléctrico comparable en su entrega de potencia a un motor de aproximadamente 800 Cm³ debido a que el diseño de la moto es tipo sport, y esta cilindrada es una de las más comerciales en el mundo del alto cilindraje.

La investigación obtuvo como resultado 2 opciones para el sistema de propulsión del vehículo, la primera era utilizar un Motor eléctrico radial, esto significa que el motor va acoplado en la rueda donde se aplicara la tracción, (Fig. 32, 33), la segunda es un motor acoplado en el chasis con un sistema de transmisión de tracción por cadena [24].



Fig. 32, 33. Motor radial y por transferencia de tracción
Fuente: <https://evparts.com>

Tras observar sus especificaciones técnicas se pudo concluir que la mejor opción es el motor de transmisión de tracción por cadena, esto es debido a que el motor radial posee una limitante de gran relevancia, y es que debido a que este va incorporado en la rueda su potencia no es lo suficiente para el diseño sport que se busca para este vehículo, esto debido a que la potencia de los motores eléctricos en gran parte dependen de su tamaño y el motor radial no permite incorporar un bobinado lo suficientemente grande para alcanzar al menos los 30 Kw y estar a la par de una motocicleta de 600Cm².

Además, debido a que el diseño de este vehículo es tipo sport se buscó un motor que cumpliera las especificaciones de una moto naked o super bike de medio -alto cilindraje, se logró encontrar un motor con unas especificaciones similares a uno de combustión interna de 800 cm³ que puede alcanzar sin ningún esfuerzo velocidades de hasta 180 km/h sin ninguna limitación por software.

Motor

Se logró definir entonces después de hacer algunas comparaciones entre los tipos de motores, como los radiales o los que entregan su tracción por transmisión de potencia que el motor más adecuado para este prototipo debido a su diseño con inclinación a hacia la conducción deportiva y de alto rendimiento es un ME1616 / Sevcon Gen4 48V 650A Liquid-Cooled Motor Drive System, es un motor completamente eléctrico, refrigerado por líquido.

El diseño del motor sin escobillas hace que el mantenimiento de las escobillas sea cosa del pasado, posee conmutación de avance y retroceso con limitación de velocidad de retroceso opcional, el motor y el controlador admiten "Regen", lo que significa que este sistema puede recuperar energía para ayudar a recargar la batería.

Varias opciones de acelerador variable para un control suave de la velocidad en una variedad de aplicaciones con un botón de parada de emergencia de alta corriente y un interruptor de llave para seguridad [25].

Especificaciones del motor

El motor y los demás componentes electrónicos hacen parte de un mismo kit, este provee un Manual de instrucciones y guías de como ensamblar y programar el

sistema una vez es comprado, es un kit diseñado para ser ensamblado y adaptado a diferente gama de vehículos, este kit esta principalmente diseñado para prototipos y vehículos de competencia, el proveedor de este kit es Electronic Motor Sport, es una empresa ubicada en San Leandro, California, USA, dedicada a la comercialización de dispositivos electrónicos para todo tipo de aplicación industrial o vehicular [25].

- Motor de 5 polos.
- Máximas RPM recomendadas: 6000RPM
- Torque constante de 0.33 Nm por Ampere
- Inercia de la armadura 45 Kg/cm²
- Corriente: 250A
- Pico de corriente: 550 A AC por 1 minuto
- Peso: 24Kg
- Pico de torque: 134Nm
- Refrigerante: 50% agua 50% glicol
- Incluye sensor de temperatura

A continuación, algunas imágenes del motor y su kit de acondicionamiento

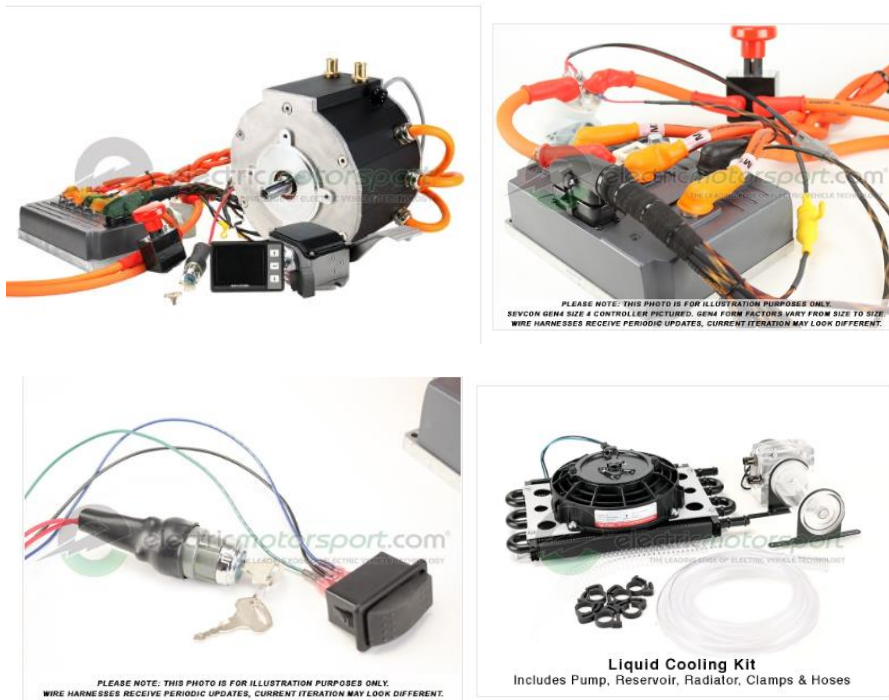


Fig. 33, 34, 35, 36. Kit electrónico para funcionamiento del motor
Fuente: Electronic Motor Sport [25]

Sistema de carga y autonomía

Como sistema de carga se decidió usar unas baterías Winston 250Ah Configurable Li-Ion Battery Pack w/ EMUS G1 BMS & Charger (Fig. 37), siendo necesarios 16 pack de baterías para asegurar el voltaje máximo requerido por el motor, 48v, con un peso aproximado de 90 Kg el total de los 16 pack.

Este pack de baterías proporcionaría una autonomía de aproximadamente 210 km por carga, siendo una autonomía excelente para una motocicleta de alto desempeño comparable con motocicletas de 800 Cm³ que poseen una autonomía de alrededor de los 230 km por tanque, el tiempo por ciclo de carga es de 6 horas conectada a una red de carga de hogar de 110V [26].

Además, este pack de baterías trae consigo una aplicación disponible para plataformas Andriod y IOS don es posible observar el desempeño de la batería, su nivel de carga, sus niveles de consumo y perdidas en calor, y muchas otras estadísticas referentes a la carga, el tiempo de carga y el uso de la batería.



Fig. 37. Sistema de carga.
Fuente: Electronic Motor Sport

A continuación, se muestra una somera ilustración de la motocicleta ya ensamblada y una tabla de precios correspondiente al valor actual de los materiales básicos para poder realizar la construcción de la moto, estos precios pueden variar con el tiempo y el proveedor que se escoja, tómese como una aproximación del Valor total que costaría la producción de un primer prototipo físico.

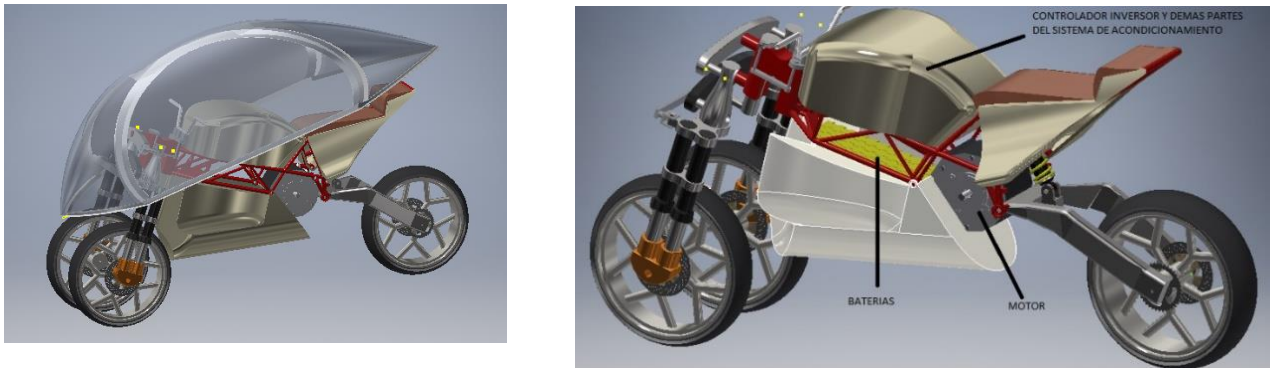


Fig. 38, 39 Diseño final de la motocicleta

Precio de los componentes

Material	Cantidad	Precio
Titanio tubería de 1"0.08" Inch	15 metros	\$5.700.000
Motor ME1616/Sevecon Gen 4 y kit de acondicionamiento	1	\$13.125.000
Baterias Winston 250Ah	Pack de 16	\$8.750.000
Tapas, cubierta, asiento y demás accesorios estéticos	N/A	\$1.250.000
Total		\$28.825.000

Capítulo 5: Conclusiones

Se pudo observar tras la investigación previa, y al principio del documento como la accidentalidad de motocicletas en el territorio colombiano es bastante alta, influyendo en esto el gran número de motocicletas que existen en el país, y en la falta de las protecciones mínimas por parte del conductor, además de esto se suma a la problemática el aspecto ambiental, aunque en Colombia existen regulaciones de ley para la emisión de gases de las motocicletas, estas no son tan altas como en países europeos, de hecho en Colombia aún se permite el tránsito de motocicletas de ciclo 2 tiempos, son motocicletas que contaminan el doble o más que una con un motor de ciclo 4 tiempos, es por esto que es de vital importancia la recolección de teorías y documentación respecto a los sistemas dinamico-electricos al momento de diseñar debido a que existen gran variedad de sistemas con diferentes aplicaciones y especificaciones, y es necesario comprobar que la huella de carbono será menor que la proporcionada por las motocicletas de combustión interna, con esto en mente se realizo el diseño, presentando este un aspecto tipo sport que cuenta con excelentes prestaciones, comparables con las de una motocicleta de 800 cm³, reduciendo su huella de carbono y alcanzando un precio similar o menor a de este tipo de motocicletas de gama media – alta.

La selección de los componentes mas apropiados es sumamente relevante debido a que, como se trata anteriormente, se pretende alcanzar las prestaciones de una motocicleta de 800 cm³, es por esto que los motores radiales no cumplen con las especificaciones necesarias para este proyecto, ya que aunque son motores diseñados para vehículo y transporte de personas, debido a su diseño no adquieren potencias muy altas, fue por esto que se decidió usar el motor ME 1616 refrigerado por liquido con su kit de acondicionamiento, ya que es un motor que posee una potencia que se asemeja a la de un motor de 800 Cm³.

Fue posible entonces diseñar el chasis, la cubierta, y en si todo el prototipo inicial de la motocicleta, gracias al software de diseño Inventor que permite la modificación y simulación de componentes de todo tipo y material, haciendo posible realizar análisis estructurales que aseguran un factor de seguridad de 2.54, la viabilidad de la estructura y en sí de este proyecto, gracias al diseño y estos análisis se pudo obtener una aproximación del costo de producción de la motocicleta, por un valor total de \$28.825.000, precio que al momento de ser comparado con una motocicleta de combustión interna nueva en el mercado Colombiano está muy por debajo de los precios de marcas como Suzuki, Yamaha, Kawasaki y KTM, donde sus precios mas bajos rondan por los \$32.000.000.

Capítulo 6: Bibliografía

- [1] Publimotos, Informe de venta de motocicletas en Colombia 2018, creado 30 de julio de 2019 Disponible en: <https://www.publimotos.com/mactualidad/19-mundo/colombia/2647-informe-de-venta-de-motocicletas-en-colombia-2018#:~:text=En%202018%20se%20produjeron%20en,%2C39%25%20en%20las%20ventas.>)
- [2] Agencia Nacional de Seguridad Vial, (ANSV), Reporte de accidentalidad en motocicletas en Colombia para el año 2018 Disponible en: https://ansv.gov.co/observatorio/public/documentos/boletin_mensual_nacional_ene_ro_2020.pdf
- [3] Portafolio, Uso de la motocicleta en Colombia, junio 27 de 2019, Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/mas-del-26-de-la-poblacion-en-colombia-usa-motocicleta-531075>
- [4] C. Andrea and P. García, “Programación Óptima para la Recarga de Vehículos Eléctricos Enchufables y su Impacto en las Redes Eléctricas Inteligentes Programación Óptima para la Recarga de Vehículos Eléctricos Enchufables y su Impacto en las Redes Eléctricas Inteligentes,” 2014.
- [5] D. NEWBERY AND G. STRBAC, “WHAT IS NEEDED FOR BATTERY ELECTRIC VEHICLES TO BECOME SOCIALLY COST COMPETITIVE?,” ECON. TRANSP., VOL. 5, PP. 1–11, 2016.
- [6] Cali, ciudad pionera en Latinoamérica en usar carros eléctricos, enero 22 de 2013, Disponible en: <https://www.elpais.com.co/colombia/cali-ciudad-pionera-en-latinoamerica-en-usar-carros-electricos.html>
- [7] Madrid.org, Guía del vehículo eléctrico 2009, disponible en: <https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/Guia-del-Vehiculo-Elctrico-2009-fenercom.pdf?id=127>
- [8] - H. S. Das, C. W. Tan, and A. H. M. Yamit, “Fuel cell hybrid electric vehicles: A review on power conditioning units and topologies,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 76, no. January 2016, pp. 268–291, 2017.
- [9] Aficionados a la mecánica, Vehículos eléctricos y sus componentes, Disponible en: http://www.aficionadosalamecanica.com/coche-electrico_control.htm

[10] Electric motor sport, battery pack, disponible en <https://www.electricmotorsport.com/winston-250ah-configurable-li-ion-battery-pack-w-emus-g1-bms-charger.html>

[11] Endesa, Real academia de Ingeniera, El almacenamiento de energía en la distribución eléctrica del futuro, disponible en: http://www.raing.es/sites/default/files/ALMACENAMIENTO_ENERGIA%20FINAL%20B.pdf

[12] Prime Stone, transformación de la energía en los vehículos eléctricos, febrero 14 de 2019, disponible en: <https://primestone.com/transformacion-de-la-energia-en-los-vehiculos-electricos/>

[13] Universidad Oberta de Cataluña, comparativa entre motores brushed y Brushless, 1 de octubre de 2019 disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/89945/3/antoniopascualvTFM0119memoria.pdf>.

[14] Motor Renault Twizy, disponible en: <https://www.renault.com.co/electricos/twizy.html>

[15] Blog el futuro es eléctrico, El inversor, alma del vehículo eléctrico, disponible en: <http://elfuturoeselectrico.blogspot.com/2012/03/el-inversor-alma-del-vehiculo-electrico.html>

[16] Conversor en vehículos eléctricos, disponible en: http://www.aficionadosalamecanica.com/coche-electrico_control.htm

[17] Brammo Enertia, motocicleta eléctrica, disponible en: <https://www.electromotos.net/marcas/brammo/enertia/>

[18] Honda, Tipos de suspensión para cada moto, 24 de febrero de 2020, disponible en: <https://motos.honda.com.co/honda-te-cuenta/blog/tipos-de-suspension-para-moto%20>

[19] suspensión LMW, suspensión doble, 08 marzo de 2018, disponible en: <https://www.motorpasionmoto.com/deportivas/quieres-saber-como-funciona-la-niken-pues-yamaha-te-lo-pone-facil-con-este-video>

[20] Ingeniería mecánica y automotriz, principio de Ackermann, disponible en: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-y-como-funciona-el-principio-de-ackerman/>

[21] Motor, que es y por que existe el ángulo de caster, disponible en: <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/jueves-mecanica-funciona-angulo-caster/33075>

[22] RE owner fórum, owner and service manual, abril 2 de 2019, disponible en: <https://www.royalenfieldowners.com/index.php?threads/owner-and-service-manual-links.63/>

[23] Resistencias eléctricas presis, tubería de titano, precios, disponible en: <https://www.resistenciaselectricaspresis.com/presis@colombia.com/vp3102/sp/tuberia-de-titanio>

[24] Híbridos y eléctricos, Los nuevos motores de flujo axial, 04 de mayo de 2018. disponible en: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/revolucion-llega-coche-electrico-nuevos-motores-flujo-axial/20180504115010019232.html>

[25] Electric motor sport, ME1616/sevcon gen 4, disponible en: <https://www.electricmotorsport.com/karting/me1616-sevcon-gen4-48v-650a-liquid-cooled-motor-drive-system.html>

[26] Electric motor sport, Winston battery pack, disponible en <https://www.electricmotorsport.com/winston-250ah-configurable-li-ion-battery-pack-w-emus-g1-bms-charger.html>

Anexos

Archivo, Moto 3 ruedas.rar

“Diseño de un prototipo virtual de motocicleta eléctrica de tres ruedas con cubierta que incremente la seguridad de los ocupantes en Inventor 2017”

Este archivo contiene los planos 2D y 3D que fueron necesarios para diseñar y ensamblar cada uno de los componentes de la motocicleta, además contiene cada una de las piezas por separado, el ensamble final con el que posteriormente se realizó la simulación y análisis estáticos de las piezas.